第13卷 第2期　　古脊椎动物与古人类　　Vol. XIII, No. 2
1975年4月　　VERTEBRATA PALASIATICA　　April, 1975

广东南雄恐龙蛋化石的显微结构（一）——兼论恐龙蛋化石的分类问题

赵 资 奎
（中国科学院古脊椎动物与古人类研究所）

前　　言

广东北部南雄盆地的晚白垩世恐龙蛋化石最早是在1962—1963年间冬季发现和采集的（张玉萍、童永生，1963），1963—1964年间冬季又在同一地区进行了调查和发掘（郑家坚等，1973），总共发现了9个蛋窝计78枚比较完整的蛋化石和许多蛋壳碎片。由于这批标本保存完整，数量又多，在目前已知的恐龙蛋化石较少的情况下，可以说是一批较为重要的标本。因此，南雄的发现在国内外引起了广泛的注意。蛋化石经杨钟健（1965）研究，认为根据蛋的大小、形状和蛋壳表面的纹饰，基本上可以分为粗皮蛋（*Oölithes rugustus*）、长形蛋（*Oölithes elongatus*）、圆形蛋（*Oölithes spheroides*）和南雄蛋（*Oölithes nanhsiungensis*）四种。

为了进一步了解南雄恐龙蛋化石的地层分布，我们于1972年5月又在南雄城至大凤一带采集了很多蛋壳碎片。

现在我们用显微镜的方法对上述全部标本进行了系统的显微结构观察，作为对过去工作的补充。由于这批标本的显微结构以及它们的地层分布都比较复杂，涉及到的问题比较多，因此，这里只选择原来认为的粗皮蛋和长形蛋（包括山东莱阳的长形蛋标本V734）等两类完整的蛋化石，对它们的显微结构加以描述，并且在这个基础上，讨论恐龙蛋化石的分类和命名问题。

一、分类描述

根据杨钟健的研究，属于粗皮蛋的有V2788、V2784、V2781和V2785等四窝蛋，长形蛋的有V2786、V2781a、V2782、V2783以及山东莱阳的V734等五窝蛋，总计85个比较完整的蛋化石。我们把所有的这些标本的显微结构以及外部形态特征等方面加以比较，发现不仅可以把它们分为五种，而且按其相似的程度，还可以将它们排列成为有一系列差级的群。因此根据现今国际上通用的动物分类学的方法，我们将这五种蛋分别组成三个属，并合并为一个科。考虑到蛋化石本身所处的特殊情况，无法确定它们是哪一种动物产的，因而从蛋化石的角度出发给每种蛋一个正式的名称，兹整理分述如下：

长形蛋科（新科）（Elongatoolithidae Fam. nov.）

科鉴别特征　蛋化石为长条形，其长径和横径之比大约为2:1，蛋壳外表面具有瘤状

小突和链条状棱纹的纹饰。蛋壳由乳突层和层状棱柱层组成;乳突一般为圆锥形,层状棱柱层呈波浪形,相对地较厚。

蛋化石在蛋窝中的排列基本上都是以两个大约相互并列的蛋为一个组,每组蛋之间以 40—50° 的锐角相隔,作椭圆形放射状排列,一般可以重迭到三层或四层蛋。

巨形蛋属(新属)(*Macroolithus* gen. nov.)

属鉴别特征 蛋化石比较大,蛋壳外表面具有粗糙的瘤状小突和链条状的棱纹纹饰。乳突层和层状棱柱层之间有明显的分界,气孔道直,弦切面近乎圆形。

属型 粗皮巨形蛋。

1. 粗皮巨形蛋(*Macroolithus rugustus* Young)

(图版 I; II, 1a, 1b 和 1c)

正型标本 有 18 枚保存完整的蛋化石一窝(图版 I)。野外编号 6224; 本所编号 V2788。

地点和层位 广东南雄乌径公社南 4 公里腊树园东口的紫红色砂质泥岩中。

描述 蛋化石的外部形态见杨钟健(1965)描述。

蛋壳棕红色,厚度在 1.70—1.44 毫米之间,平均为 1.62 毫米。乳突层和层状棱柱层之间有明显的分界,其分界线大体上成切线方向的直线(图版 II, 1a)。乳突为圆锥形,排列紧密,其弦切面一般近乎圆形(图版 II, 1b);乳突层的平均厚度为 0.41 毫米,约占蛋壳厚度的 1/4。

外表面的瘤状小突或棱纹在径切面上清楚地显示为丘形隆起。在偏光镜下观察,在丘形隆起处,层状棱柱层中棱柱体从乳突层延达表面;在凹陷处则没有那样规则的球形结晶构造,其外部由不规则的棱柱体组成,它们和生长面相交呈锐角,向邻近的丘形隆起的方向倾斜。而且,层状棱柱层中基质纤维的排列一般都和蛋壳表面的起伏一致,因此在径切面上层状棱柱层呈明显的波浪形。但是在不同切向的径切面上,波浪形特征的强弱程度变化较大,在通过垂直于蛋壳表面的棱纹方向的切面上,其波浪形折曲比较强烈;相反地,在与棱纹的方向平行或者成锐角的切面上,则比较平缓。由此看出,层状棱柱层的波浪形特征的这种变化,一般与切面的方向有关。

气孔少,气孔道直,成微管状,由内到外直径无显著变化。弦切面一般近乎圆形(图版 II, 1c),其长径平均为 0.08 毫米,短径为 0.07 毫米。

2. 瑶屯巨形蛋(新种)(*Macroolithus yaotunensis* sp. nov.)

(图版 II, 2a)

正型标本 约有 20 枚保存较好的蛋化石一窝。野外编号 6220; 本所编号 V2784(见杨钟健, 1965, 图版 I—III)。

副型标本 有 10 个近乎完整的蛋化石一窝。野外编号 63093; 本所编号 V2785。三个较完整的蛋化石。野外编号 63090; 本所编号 V2781。

地点和层位 广东南雄瑶屯的粉砂质泥岩中;南雄瑶屯正北 1 公里和南雄城南 1.5 公

里的紫红色砂质泥岩中。

描述　蛋化石的外部形态见杨钟健(1965)描述。

这三窝蛋的显微结构非常相似,蛋壳呈棕红色,平均厚度为1.63毫米,乳突为圆锥形,其弦切面一般近乎圆形。气孔少,气孔道直,弦切面一般为圆形。这些特征和上述的粗皮巨形蛋比较接近,但是乳突层和层状棱柱层之间的分界线呈明显的波浪形,因此乳突层的厚度随波浪形分界线的变化而改变。

在V2784和V2785的标本中,乳突层和层状棱柱层间的波浪形分界线的起伏大致和层状棱柱层中的相对应;在V2781的标本中,其分界线的波浪形特征往往和层状棱柱层中的不一致。蛋壳显微结构的各种测量见表1。

表1　测　量　　(单位:毫米)

项目 / 标本编号	蛋壳厚度		乳突层厚度		气孔大小	
	范围	平均	波状隆凸处的平均厚度	波状凹陷处的平均厚度	平均长径	平均短径
V 2784	1.39—1.77	1.60	0.50	0.31	0.10	0.08
V 2785	1.43—1.93	1.70	0.51	0.30	0.11	0.09
V 2781	1.43—1.93	1.58	0.51	0.29	0.09	0.07

我们在V2784这窝蛋中选取了16个蛋的样品制作磨片标本。观察结果,发现有13个蛋化石的显微结构和上述特征有些差别,如图版II, 2b所示,蛋壳一般呈棕灰色,有的间夹杂有深棕色块,乳突层和层状棱柱层之间的分界线不明显,乳突间隙比较发育。层状棱柱层呈波浪形,但其中的基质纤维很少,因此层状现象不明显。这些特征在V2785和V2781两窝蛋的标本中并未见到。

由此看来,可以认为上述的特征不是正常的,可能是该动物在下V2784这窝蛋时生理功能发生障碍,影响"子宫"上皮分泌基质纤维和色素的结果。在现今的鸟类蛋壳中,也经常见到一些异常的结构。

比较和讨论　根据上面所述以及表2和表3所列举的测量数字,可以看出由杨钟健(1965)指定为粗皮蛋(*O. rugustus*)的这些标本中,以V2788为代表的蛋化石和以V2784、V2785以及V2781为代表的之间,虽然蛋壳外表面的纹饰、蛋壳厚度和气孔形状等方面都比较相近,但是乳突层和层状棱柱层之间的分界线有着显著的不同,前者为切线方向的直线(图版II, 1a),后者呈明显的波浪形(图版II, 2a);蛋的大小也有一定的区别,前者较小,后者较大。因此把它们分为两种蛋是合适的。

表2　比较完整的蛋测量表*　　(单位:毫米)

名称	长径		最大横径		指数
	范围	平均	范围	平均	
粗皮巨形蛋	181—165	172.6	85—75	79.1	45.8
瑶屯巨形蛋	208—176	191.8	94—67	81.9	42.7

*根据杨钟健(1965)测量的数据计算。

现在根据我们提出的恐龙蛋分类系统(见后面讨论),把这两种蛋组成一个属,名叫巨形蛋属(*Macroolithus*); V2788 的标本仍按杨钟健建立的种名,叫粗皮巨形蛋(*M. rugustus*), V2784、V2785 和 V2781 的标本重新给予一个名称,叫做瑶屯巨形蛋(*M. yaotunensis*)。

表3 测 量 (单位: 毫米)

名 称	蛋壳厚度		气孔大小	
	范 围	平 均	平均长径	平均短径
粗皮巨形蛋	1.70—1.44	1.62	0.08	0.07
瑶屯巨形蛋	1.93—1.39	1.63	0.10	0.08

粗皮巨形蛋与目前世界上已发现的任何恐龙蛋化石都不大相同,而瑶屯巨形蛋和北美的 Utah 附近的早白垩世地层中发现的 *Oölithes carlylensis* (Jensen, 1970) 比较相近,但是后者蛋壳的厚度平均为 2.7 毫米,比我们的标本厚得多,时代也比较早,因此不应当列为一种。考虑到与本文提出的恐龙蛋分类系统相符合,我们建议把 *Oölithes carlylensis* 改为 *Macroolithus carlylei*。

长形蛋属(新属)(*Elongatoolithus* gen. nov.)

属鉴别特征 蛋壳外表面的链条状棱纹纹饰比 *Macroolithus* 的细长,蛋壳也比较薄,乳突层和层状棱柱层之间没有明显分界,层状棱柱层呈波浪形,气孔道直,弦切面近乎圆形。

属型 安氏长形蛋。

3. 安氏长形蛋(*Elongatoolithus andrewsi*)

(图版 III, 1a, 1b 和 1c)

正型标本 为一窝保存较好的 11 个蛋化石,野外编号 63092; 本所编号 V2786 (见杨钟健, 1965, 图版 IX, A; X)。

地点和层位 标本发现于广东南雄水口北当面岭的紫红色砂质泥岩中。

描述 蛋化石的外部形态见杨钟健(1965)描述。

蛋壳棕红色,厚度在 1.49—1.10 毫米之间,平均为 1.32 毫米。径切面中(图版 III, 1a),可以见到由乳突层过渡到层状棱柱层时没有明显分界,但是大体上仍能把两层区别开来。乳突为圆锥形,其弦切面一般近乎圆形; 乳突层的平均厚度为 0.30 毫米,约占蛋壳厚度的 1/4。

层状棱柱层呈波浪形,其中平行蛋壳表面的、呈波浪形的基质纤维在逐渐接近乳突层时则成切线方向的直线。

气孔道的特征和巨形蛋属的相似,其弦切面为近乎圆形(图版 III, 1c),平均长径为 0.08 毫米,短径为 0.07 毫米;单位面积内气孔的数目较少。

由上述的特征来看,安氏长形蛋和 1922—1925 年在蒙古牙道黑达层中发现的被认为是安氏原角龙(*Protoceratops andrewsi*)蛋的某些蛋壳的显微结构(Schwarz 等, 1961)很相

似,根据本文提出的分类系统以及考虑到种名命名的优先权原则,我们把它叫做安氏长形蛋(*E. andrewsi*)。

4. 长形长形蛋(*Elongatoolithus elongatus* Young)

(图版 III, 2)

正型标本　约有13个比较完整的蛋化石一窝。本所编号 V734(见杨钟健, 1954, 图版I, 1; 图4)。

副型标本　一对较完整的蛋化石。野外编号 6215; 本所编号 V2781a。

地点和层位　标本发现于山东莱阳金刚口东沟,王氏层上部;广东南雄城南 2.5 公里的紫红色砂质泥岩中。

描述　蛋化石的外部形态见杨钟健(1954, 1965)描述。

V734 和 V2781a 这两窝蛋的显微结构很相近。层状棱柱层呈波浪形,比较厚,相反地,乳突层则相对地变薄,一般约占蛋壳厚度的1/6,乳突一般为圆锥形,其弦切面为近乎圆形。

在有的径切面上,乳突层厚度变化较大,一般说来,在相当于层状棱柱层中的波状隆凸处,乳突层较厚,在相当于波状凹陷处则比较薄,有的甚至只能见到乳突的痕迹。这种变化和瑶屯巨形蛋的有些相似,但是由乳突层过渡到层状棱柱层时没有明显分界。

同上述三种蛋一样,长形长形蛋的气孔很少,气孔道直,弦切面近乎圆形。蛋壳显微结构的各种测量见表 4。

表4　测　量　(单位: 毫米)

项目 / 标本编号	蛋壳厚度		乳突层厚度		气孔大小	
	范围	平均	范围	平均	平均长径	平均短径
V 734	0.96—0.67	0.83	0.24—0.06	0.14	0.08	0.06
V 2781a	1.12—0.83	0.99	0.24—0.06	0.16	0.07	0.05

比较和讨论　杨钟健(1954)在研究山东莱阳的恐龙蛋化石时,认为 V734 等标本和蒙古牙道黑达层中发现的一样,是原角龙蛋(关于这个问题见后面讨论),但是又把它命名为长形蛋(*Oölithes elongatus*),根据以上所描述的性质来看,它们和安氏长形蛋在显微结构上的差别是明显的。例如安氏长形蛋的蛋壳较厚,平均为 1.32 毫米,乳突层和层状棱柱层相对厚度之比约为 1:3;而 V734 和 V2781a 的蛋壳较薄,平均为 0.91 毫米,乳突层和层状棱柱层相对厚度之比为 1:5。因此应当和安氏长形蛋分别开来,另为一种,名叫长形长形蛋。至于这两种蛋之间的一些共同性状如蛋壳外表面的棱纹纹饰比较细长,乳突层和层状棱柱层之间没有明显的分界等,和上述巨形蛋属的有很显著的差别,可以认为是属的特征,因此我们把这两种蛋组成一新属,名叫长形蛋属。

这类蛋分布很广,在目前世界上已知的恐龙蛋化石中,除我国的外,蒙古和北美等地的标本(van Straelen, 1925, 1928; Brown & Schlaikjer, 1940; Schwarz 等, 1961; Сочава, 1969; Jepsen, 1931; Jensen, 1966),其中很多都可归于这一属中。

南雄蛋属（新属）（*Nanhsiungoolithus* gen. nov.）

属鉴别特征 见代表种主田南雄蛋。

5. 主田南雄蛋（新种）（*Nanhsiungoolithus chuetienensis* sp. nov.）

（图版 III, 3a, 3b 和 3c）

正型标本 有3个比较完整的蛋化石和3个印模的一窝蛋。本所编号 V2782（见杨钟健，1965，图版 XIII，A）。

副型标本 有3个近乎完整的、2个残破的蛋化石和2个印模的一窝蛋。野外编号 63089；本所编号 V2783。

地点和层位 蛋化石发现于广东南雄城南约2公里；南雄主田北1公里的紫红色砂质泥岩中。

描述 V2782 和 V2783 两窝蛋在外部形态和显微结构等方面都非常相似。

根据杨钟健（1965）测量的数据计算，蛋的长径平均为139.4毫米，最大横径平均为68.4毫米。蛋壳外表面的链条状棱纹纹饰不很明显（见杨钟健，1965，图版 XII），一般比较光滑。

径切面上，可以见到乳突一般为圆锥形，但是有的比较粗圆（图版 III，3a 的中部），有的则比较细长（图版 III，3a 的右侧），呈浅的棕灰色，其中的乳突形成核心一般都能清楚见到，在相当于这个水平位置，乳突间隙很显著。层状棱柱层略呈波浪形，棕红色，其中平行蛋壳表面的基质纤维分布不均，一般在近乳突层处比较密集，纤维也比较粗，在近表面处则较为疏松，纤维也比较细。

由乳突层过渡到层状棱柱层时没有明显分界，在正交偏光镜下观察，层状棱柱层中棱柱体的消光位一般都和它相连的乳突的一致，旋转镜台时，可以见到每个棱柱体和它相邻的有循序的消光。因此由里向外，棱柱体彼此界限分明。

乳突的弦切面一般近乎圆形（图版 III，3b），气孔道形状不规则，弦切面一般呈裂隙形（图版 III，3c），有的呈三角形或多角形。分布也不均匀，在蛋的钝端，气孔密集，平均19个/毫米^2，在其它部位，气孔比较稀少，一般在3个/毫米^{2}左右。

表5 蛋壳厚度测量表 （单位：毫米）

标本编号	范围	平均数
V 2782	0.60—1.20	0.96
V 2783	0.77—1.30	0.97

根据以上所述，主田南雄蛋的特征可以归纳如下：蛋壳外表面的链条状棱纹纹饰不很明显，一般比较光滑，乳突层呈浅的棕灰色，层状棱柱层略呈波浪形，棕红色，其中的棱柱体彼此界限分明，气孔道形状不规则，一般呈裂隙形。

讨论 和 *Macroolithus* 以及 *Elongatoolithus* 相比较，V2782 和 V2783 的标本虽然在蛋的形状、蛋壳外表面的纹饰和层状棱柱层等方面的结构特征和它们有些相似，但如上所述，蛋壳表面纹饰不很明显，一般比较光滑，乳突层呈浅的棕灰色，层状棱柱层呈棕红色，其中的棱柱体界限分明，气孔道形状不规则，一般呈裂隙形，表明了与上述两属差别较大；

和世界上其它地方已发现的恐龙蛋化石相比，也完全不同。就目前来说，可以认为这种蛋是南雄的特产。

根据这些特征，我们认为 V2782 和 V2783 等标本应当和 *Macroolithus* 及 *Elongatoolithus* 分开，另立新的属种，名为主田南雄蛋。

二、关于恐龙蛋化石的分类和命名问题

一般说来，分类学的任务就是对生物体的鉴定和它们的一个能够表示亲缘关系的系统安排。通过上述对南雄恐龙蛋化石的分类描述，很清楚地看出，不仅可以把原来认为的粗皮蛋和长形蛋分为 5 种，而且根据它们各方面的相似点和相似的程度，还可以把它们组合成三个属，并合并为一个科，这就表示了它们彼此之间有着不同程度的亲缘关系。有趣的是在山东莱阳找到的那些圆形的蛋化石，根据它们在地层里的分布，可以发现由王氏层中部的类型到王氏层上部的类型在蛋的形状和蛋壳显微结构等方面的性状，有着一定的变化规律。因此，对于晚白垩世地层的进一步划分，有一定的实用价值(赵资奎、蒋元凯，1974)。但是由于蛋化石在形态结构上和骨化石没有特殊的联系，很难判断其所属种类。因而必然地提出了对恐龙蛋化石的分类和命名问题。

中生代恐龙蛋化石是一类很稀有的但又是很特殊的化石，根据目前已发表的文献来看，除南美和大洋洲外，恐龙蛋在亚洲、非洲、欧洲和北美等地都有发现，但主要的在我国发现最多。

杨钟健(1954、1965)在研究我国的恐龙蛋化石时，对不同类的蛋化石一律用 *Oölithes* 加上一个种名来表示，同时又根据和蛋化石共生的动物化石来推测它们是那一类动物所产。赵资奎和蒋元凯(1974)在研究山东莱阳的恐龙蛋化石的显微结构时，也采用了这个方法，但是在实践中便遇到了某些不能避免的困难。因为它无法表示已经发现的不同种类的蛋化石之间在形态特征上的差异和相似的程度，因此在命名上和对不同种类的蛋化石的研究对比等方面的处理就比较困难。

其实，杨钟健所描述的蛋化石"种"，连他自己都并不认为是真正具有分类学上的种和属的意义，只是为了便于区别，并表示其一部分特性给它们一个名称而已。因此这些学名实际上只不过是拉丁化形式的名称符号罢了。

现在再来看看世界其它地方已发现的中生代蛋化石研究的情况。根据现有的资料，除在美国得克萨斯州阿尔其尔区(Archer County)附近的二叠纪地层中找到的一个被认为是最古老的爬行动物的蛋(Romer & Price, 1939)外，其余的几乎都是在白垩纪地层中发现的。这些蛋化石，一般都认为是恐龙的蛋。

恐龙蛋化石最早是在法国南部的 Provence 发现的。1869 年 Matheron 第一次描述了在 Rognac 的 Trümmern 层中找到的两块碎蛋片，1877 年 Gervais 对此进一步地研究，发现它们的结构和龟鳖类的最为接近，因而认为是属于一个未知种属的爬行动物的蛋。随后又在 Rognac 发现了另一个蛋化石，其显微结构也和龟鳖类的蛋很相似，Roule(1885)根据在这个地区所发现的动物化石，认为它可能是 *Hypselosaurus priscus* 或 *Rhabdodon* 的蛋。

以后在 Rognac, Aix 和其它地方陆续发现了很多完整的和破碎的恐龙蛋化石(Lapparent, 1957; Dughi 和 Sirugue, 1957—1958, 1964)，它们的形状、大小以及蛋壳厚度等方

面彼此差别很大，而蛋壳的细微结构与上述所发现的标本一样，和龟蛋的很相似，基本上是由很多细小的圆锥形的乳突组成，乳突的末端向外突出，在表面上形成了密集的瘤状小突的纹饰。由于这些蛋化石比较大，有的直径大于200毫米，因此都认为是恐龙的蛋。根据在相同地层中找到的 *Hypselosaurus* 的骨化石，一般都相信它们是 *Hypselosaurus* 的。最近，Voss-Foucart (1968) 认为其中的某些蛋壳可能是巨齿龙 (*Megalosaurus*) 的。

在亚洲的白垩纪地层中发现的恐龙蛋化石，在形态特征上和法国的有显著不同。1922—1925年在蒙古的牙道黑达层中发现了很多保存完好的蛋化石和大量的碎蛋壳，蛋化石有的是成窝的，作圆形的放射状排列；在有的蛋壳里面，还发现有动物的胚胎骨胳。对其中的一些蛋壳的显微结构观察，发现蛋壳由乳突层和层状棱柱层组成，乳突层较薄，层状棱柱层相对较厚，呈波浪形，气孔道直，弦切面近乎圆形 (van Straelen, 1925, 1928; Schwarz 等, 1961)。由于和蛋化石一起还发现了一系列的由幼年到成年个体的安氏原角龙的骨化石，因此一般都相信它们是安氏原角龙产的。

根据 Brown 和 Schlaikjer (1940) 的研究，看来这些"原角龙蛋"虽然都是长形的，但其大小、形状和蛋壳表面的链条状棱纹纹饰等方面彼此差别很大。例如小的蛋，其长径为76毫米到102毫米，而大的蛋将近203毫米；形状也很不同，在蛋的尖端，有的很尖，有的就不十分尖；小的蛋表面比较光滑，而大的蛋则有明显的链条状棱纹。可惜的是这一重要的发现至今还没有进一步作深入系统的研究，上述的结论并未得到可靠的科学验证，因而发生了蛋化石里的动物胚胎骨胳是否属于原角龙的以及这些蛋化石是否都是一种蛋的问题。

近年来，在蒙古人民共和国的许多地区的白垩纪地层中又发现了很多恐龙蛋化石 (Сочава, 1969, 1971)，但是比较完整的标本并不多，Сочава 根据气孔道的形状把它们分为窄管道类型 (Ангустоканальный тип) 裂隙形管道类型 (Пролатоканальный тип) 和多孔类型 (Мультиканальный тип) 等三个类型。同时她又进一步提出把前两种类型叫鸟型蛋壳 (Орнитоидная скорлупа) 即蛋壳由乳突层和层状棱柱层组成，和鸟类蛋壳相似；把法国南部 Provence 所发现的蛋化石叫龟型蛋壳 (Тестудоидная скорлупа) 即蛋壳没有层状棱柱层的构造，和龟蛋壳相似。并认为这两种蛋壳是区分恐龙两个目的特点之一，鸟型蛋壳属鸟臀类而龟型蛋壳属蜥臀类。

就 Сочава 对这些蛋化石所描述的性质来看，上述的鸟型蛋壳化石基本上和牙道黑达、北美的 Montana 和 Utah 以及我国各地所发现的标本都很接近。窄管道类型就是那些蛋的形状为长形、蛋壳表面具有链条状棱纹纹饰的标本；而裂隙形管道类型就是那些蛋壳表面具有小丘状突起的圆形的蛋。

我们认为：Сочава 对恐龙蛋化石的分类处理不是以许多形态学上的相似性和差异性的总和为基础，因此不可能对每一个分类特征的稳定性和可变性的程度作出比较客观的分析和评价。一个特征在一种情况下可能有很大的分类意义，而在另一种情况下则可能有较少的意义或者没有什么意义。就本文所研究的长形蛋科这一类群来说，如果照 Сочава 的分类标准处理，那么，就必须把巨形蛋属和长形蛋属归于窄管道类型，把南雄蛋属和那些圆形的蛋归于裂隙形管道类型。但是从蛋的形状、表面纹饰和蛋壳的显微结构等方面的特征来看，南雄蛋属同巨形蛋属和长形蛋属互相接近的程度要比它和那些圆形的

蛋的大得多，因此用 Сочава 的处理方法同样无法解决我们现在已经发现的事实。

从以上的情形可以看出，目前世界上已发现的恐龙蛋化石在形态上是多种多样的，但是很难确定是那一类动物产的，所以很多学者所描述的一些蛋化石除了根据它们的一些形态特征进行简单的分类处理外，一般都是根据其共生的动物化石来推测它是那一类动物所产。这样得出的结论很不可靠，因为和蛋化石一起共生的动物骨化石，一般都比较少，即使在有的地点中，和蛋化石一起有很多的动物骨化石发现，也很难有充分的理由来肯定某种蛋是由某类共生的动物产的。而且由这些蛋化石所代表的动物骨化石，有的也许至今还未找到而仅仅是以蛋化石为唯一的代表。

有些学者把希望寄托在发现蛋化石里的胚胎骨骼上，以为它是确定蛋化石归属问题的直接证据。一般说来，这是毫无疑问的，而且它对于开展古胚胎学方面的研究也有很大的意义。但是，它的发现对于解决蛋化石的归属问题有多大的作用则是值得讨论的。上述蒙古的牙道黑达层中发现的有动物胚胎骨骼的蛋化石，由于没有进一步深入地研究，因而它是否属于原角龙的并未得到证实。最近，Сочава (1972) 报告在蒙古东戈壁的 Тель-Улан-Ула 发现了恐龙蛋里的动物胚胎骨骼。保存在属于鸟型窄管蛋壳 (Орнитоидная ангустоканальная скорлупа) 碎片内面的四根残破的蹠骨在形态上和秀角龙 (*Leptoceratops*) 以及原角龙的很相似，因此认为是某些角龙的。根据 Сочава 对这些蛋壳显微结构所描述的性质来看，它与牙道黑达层中发现的所谓原角龙蛋(表面具有链条状棱纹纹饰的长形蛋)大不相同，但却与我国山东莱阳发现的金刚口蛋 (*Oölithes chinkangkouensis*) 有些相近(赵资奎、蒋元凯，1974)，而后者一般都以为是鸭嘴龙类的。如果 Сочава 的结论是正确的话，那么也只能确定到科以上的分类等级，至于科以下的，那就很难说了。

从比较胚胎学的研究成果来看，这方面的工作对于动物的系统分类的确提供了很好的证据，这都是建筑在有丰富的、一系列的从受精卵经幼体到成体的整个发育过程中的材料基础上的实验研究所得出来的结果。一般说来，一个类群中，成体的重要分类特征在胚胎发育时期和幼体中往往是发育得不完善或不完全，因此企图从胚胎骨骼来确定蛋化石的种属问题也有一定的困难，何况这种化石本来就很稀少，要找到它并不是很容易的事。可以预料，在今后一个比较长的时期内，要把已发现的恐龙蛋化石具体地归到已知的爬行动物中去恐怕是不可能的。随着这方面的标本发现越来越多，在研究对比上便发生了很多困难。

根据本文对南雄恐龙蛋化石的论述和山东莱阳恐龙蛋化石研究的发现(赵资奎、蒋元凯，1974)，无疑地，这些蛋化石在形态上都具备着比较肯定的结构特征的组合。因此我们认为对它们的研究可以用现今国际上通用的动物分类学的方法来处理，这就是说，可以根据蛋化石的形态特征将它们按种、属、科等的分类等级划定于一个分类体系上。

在动物分类学中，种、属和科等分类学上的等级是具有一定含义的。就种的定义来说，根据现今一般的理解，种是一个自然的类群，其中的成员能够互相交配而繁殖后代；在进化上说，种是由其它系统分化出来的一个具有独立的进化倾向的遗传系统。

属是一群有密切关系的种组成，而科则是由一群相关的属组成。由于各动物类群的不同演化速率和各动物类群的不同知识水平，这样的定义在具体应用时会有一定程度的出入而发生困难。

就化石来说，只能完全根据形态特征来作出分类的鉴定。如果确知由化石标本所代表的两个类群之间不存在连续性，那末便可以确定为不同的种；或者虽然是一个系统上的连续的阶段，但其间隔有较大的进化上的变化，其差别大约与同时代的不同种的群体之间差别的程度相类似，这样也可以确定为不同的种。自然，这样确定的种可以由于新的化石发现而予以肯定或否定。

那末，上述的恐龙蛋化石的形态特征是否具有分类学上的种和属的意义呢?

在现生爬行动物的蛋中，除鳄类、龟鳖类和有鳞类中的壁虎科的有一层薄的钙质蛋壳外，其余的只有一层纤维质的软膜，因此很难从这方面提出充分的依据；但是，我们可以从鸟类蛋壳的结构得到证明。鸟类是从古爬行类中的一支演化而来的，在它们的形态结构上不可避免地遗留下了爬行类的某些特征。从鸟类和爬行类蛋壳显微结构特征的相似性来看，可以认为鸟类蛋壳的基本结构，如乳突层、层状棱柱层、气孔和色素等就是从爬行动物那里继承下来的。

就现有的资料来看，不同鸟类蛋的大小、蛋壳厚度、显微结构、颜色和色素的分布是不同的。因此，根据它们彼此间的相似与相异，以及它们相似和相异的程度，可以鉴定出鸟的属，在许多情况下，可以鉴定到种 (Садов, 1970) [关于这方面的资料，还可以参阅 Romanoff 等 (1949) 著的《鸟蛋》一书以及 Tyler & Simkiss, 1959; Tyler, 1964—1966, 1969 等的文章]。

由此看来，上述根据蛋化石的形态结构的相似和相异的特征所建立的分类单元，同样可以认为是具有生物学上的种和属的意义。虽然从理论上来说，它们是一种后见的现象，然而它们却是客观存在的。

现在来讨论蛋化石的命名问题。在脊椎动物化石的研究中，对于所发现的部分骨化石或牙齿，一般可以根据形态结构上的相关性和现今一般公认的分类系统鉴定出它是那一纲、那一目、那一科、那一属或那一种。蛋壳是生物体的一部分，在分类学上本来不存在着对它命名的问题。然而，对于中生代的恐龙蛋化石来说，情况就不同了，由于它们在形态结构上和骨化石没有特殊的联系，无法确定它们是那一类动物产的。但是，正如上面所述，根据我国发现的恐龙蛋化石，在形态结构上可以按其相似和相异的程度把它们划分为不同等级的分类单元，这些单元同样具有分类学上的种和属的意义，因而就意味着要求根据命名法给它们提供标志，以便利于古脊椎动物学和地层学的工作者之间的联系。如果这些化石没有名称，就无法谈论它们。

我们认为：与其笼统地把它们叫恐龙蛋或者只是根据一些不可靠的证据来推测它们的归属还不如从蛋化石本身的实际情况出发，给予各个分类等级一个名称。这是一种特殊情况，只能特殊处理。为了表示这是蛋化石的分类，建议在属名的名称词尾一律为 -oolithus，上述对长形蛋科的命名就是基于这样的考虑来处理的。

就目前世界上已发现的中生代恐龙蛋化石的形态结构来看，这个建议在实践中是切实可行的，并且对于开辟一个新的领域——古蛋类学有一定的实践意义。

首先，它能够把目前已知的各种各样的恐龙蛋化石分成为易于辨识的顺序系统，而且也能够把随后发现的其它恐龙蛋化石安排到这个分类系统中去。这就是说，从混乱中建立了秩序。

其次，它有助于对蛋壳的起源和变化发展过程的探讨。钙质蛋壳是脊椎动物演化历史的一定阶段中在繁殖上对环境适应的一种产物，它的出现为爬行动物在陆地上生活以及在陆地上能够繁殖和发展提供了可能性。但是蛋壳也有它的产生和发展过程，在漫长的演化历史中，它的结构和功能在不断的变化和发展中得到完善。这里有它的演化方向、演化速率、生态学以及它们在地层中的分布等方面的问题，对所有这些问题的探讨，也必需建立在它们分类的基础上才能进行。

第三，在对含蛋化石的地层的划分和对比有一定的实用价值。就我国各地所发现的恐龙蛋化石来说，其年代一般都认为是属于晚白垩世的。根据我们对这些蛋化石的显微结构观察，发现其中的某些类群在地层中的垂直分布有一定的差别。如山东莱阳发现的圆形的蛋，对于晚白垩世地层的进一步划分有一定的作用。

三、关于由长形蛋科所代表的爬行动物的下蛋方式

上面已经提到，这些蛋化石在蛋窝中的排列基本上都是相似的，这不仅说明了它们应当是种属相近的动物产的，而且也使得我们有可能根据这些特征对于由它们所代表的爬行动物的下蛋方式作出某些推测。

根据王存义、甄朔南（1963）和杨钟健（1965）的观察，在所有的完整标本中，尽管有的蛋窝其中蛋化石的排列可能是后来受自然力的影响而有些凌乱，但是它们在蛋窝中基本上都是作椭圆形的圆圈呈放射状排列，蛋的钝端向圆心，尖端向外，椭圆形的圆圈重重迭起，最多的重迭到三层。因此认为这一类爬行动物在下蛋时，先在地面上隆起一堆土，然后作蹲伏状，在土堆上按照椭圆形的圆圈呈放射状的生一圈蛋。生下来的蛋成 40° 的倾斜，生完一圈蛋就盖上一层薄土，照这样再生第二圈蛋，到第三圈蛋后就停止在原地产卵，这就是一窝蛋。

这次，我们在研究这些蛋窝中蛋化石的显微结构的同时，也对它们在蛋窝中的排列方式进一步地作了观察，发现蛋化石在蛋窝中的排列都是由 2 个大致相互并列的蛋为一个组，每组蛋之间以 40—50° 的锐角相隔，作椭圆形放射状排列，一般可以重迭到三层或四层(图版 I)。

从这些排列的特征可以看出，这类爬行动物下蛋的方式不是象现代大多数爬行动物（如龟类和鳄类等）的一样，把卵产在地里特别建筑的凹坑中（Bellairs, 1970），而是把卵产在地表面上。

它们在下蛋时，先在地表面上隆起一堆土，然后以土堆为中心，围绕着它每隔片刻地把一两个一两个的蛋产在土堆上。每下完两个蛋后，就向左或者向右移动一下位置(大约为 40—50° 的锐角)，再下 2 个蛋。因为爬行动物的生殖系统一般都有左右两个卵巢和两条输卵管的构造，可以差不多是同时下 2 个蛋。每个蛋都是钝端先出，因此钝端朝向圆心，尖端向外。这样顺序下完一圈蛋，盖上一层薄土，然后照这样在第一圈蛋的上面再下第二圈蛋、第三圈蛋到第四圈蛋不等，这就是一窝蛋。

根据杨钟健的估计，这类动物一次下的蛋最多可达 40 个以上。这个数目比起现代的某些鳄类和龟鳖类来，要少得多。例如分布于热带和亚热带的一种海龟（*Chelonia mydas*）每次下的蛋就在 100 个以上，有时可达到 200 个的记录。因此这类动物的繁殖能力可能

比较小些，这也许和它的整个繁殖过程的更加完善的身体构造有着直接的关系。

综上所述，可以看出，这类爬行动物下蛋的方式在本能上具有相当高的技巧。从其围绕着圆圈下蛋以及每下完一圈蛋就盖上一层薄土的这些特征来看，估计它们在产卵时，很可能在蛋窝的周围会留下某些活动的痕迹如脚印等，这些痕迹在适当的条件下是能够保存下来的。那末，今后如果在发现有蛋化石的蛋窝周围进行仔细地发掘和观察，或许能够发现它们。这对于进一步地探讨这类动物繁殖的习性等方面的问题，也许能够提供更多的证据。

四、结 论

1. 本文研究的材料是从广东南雄和山东莱阳的晚白垩世地层中发现的，总共有九个近于完整或部分的蛋窝计 85 枚比较完整的蛋化石。根据前人的研究，它们被分为粗皮蛋和长形蛋两种。

2. 通过对这些蛋化石的显微结构观察，发现它们可以分五种。

3. 蛋化石由于无法确定它们是那一种动物产的，但是根据其本身的形态特征，可以把它们彼此分别开来。为了便于对它们进行鉴定和比较以及尽可能地反映它们之间的亲缘关系，建议对中生代恐龙蛋化石研究按动物分类学的方法建立蛋的分类系统。这样的处理对于开辟一个研究爬行动物的新的领域——古蛋类学有一定的实践意义。

4. 根据这个提议，把本文描述的五种蛋按其形态特征相似和相异的程度分别组成三个属、一个科。

长形蛋科 (Elongatoolithidae)
- 巨形蛋属 (*Macroolithus*)
  - 粗皮巨形蛋 (*M. rugustus*)
  - 瑶屯巨形蛋 (*M. yaotunensis*)
- 长形蛋属 (*Elongatoolithus*)
  - 安氏长形蛋 (*E. andrewsi*)
  - 长形长形蛋 (*E. elongatus*)
- 南雄蛋属 (*Nanhsiungoolithus*)
  - 主田南雄蛋 (*N. chuetienensis*)

参 考 文 献

王存义、甄朔南，1963，山东、广东爬行动物蛋化石埋藏方式的观察。古脊椎动物与古人类，**7** (4)，368—369。
杨钟健，1954，山东莱阳蛋化石。古生物学报，**2** (4)，371—388。
杨钟健，1965，广东南雄、始兴，江西赣州的蛋化石。古脊椎动物与古人类，**9** (2)，141—189。
张玉萍、童永生，1963，广东南雄盆地红层的划分。古脊椎动物与古人类，**7** (3)，294—260。
郑家坚、汤英俊、邱占祥、叶祥奎，1973，广东南雄晚白垩纪——早第三纪地层剖面的观察。古脊椎动物与古人类，**11** (1)，18—29。
赵资奎、蒋元凯，1974，山东莱阳恐龙蛋化石的显微结构研究。中国科学，(1)，63—77。
Bellairs, A., 1970, The Life of Reptiles. Vol. **11**, Universe Books.
Brown, B. and Schlaikjer, E. M., 1940, The structure and relationships of *Protoceratops*. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **40**(3), 133—266.
Dughi, R. et Sirugue, F., 1957a, Les oeufs de Dinosauriens du Bassin d'Aix en Provence. *C. R. Ac., Sc.*, **245**, 707—710.
——————, 1957b, La limite supérieure des gisements d'oeufs de Dinosauriens dans le bassins

d'Aix en Provence. *Ibid*, **245**, 907—909.
Dughi, R. et Sirugue F., 1958, Observations sur les oeufs de Dinosaures du bassin d'Aix en Provence: les oeufs a coquilles bistratifiées. *Ibid*, **246**, 2271—2274.
————, 1964, Sur la structure des coquilles des oeufs des Sauropsidls vivants ou fessiles; le geare *Psammornis* Andrews. *Bull. Soc. géol France, Sér.* 7, 4, 240—252.
Jensen, J. A., 1966, Dinosaur eggs from the Upper Cretaceous North Horn Formation of Central Utah. *Brigham Young Univ. Geol. Studies*, **13**, Dec., 55—67.
————, 1970, Fossil eggs in the Lower Cretaceous of Utah. *Ibid*, **17**, July, 51—65.
Jepsen, G. L., 1931, Dinosaur egg shell fragments from Montana. *Science*, **73**, 12—13.
Lapparent, A. F. de 1957, Les Dinosauriens du crétacé supérieur du Midi de la France. *Memoir. d. l. Soc. Geolog. de* France, Nr. 56, **26**, 4, 1—54.
Mayr, E., 1969, Principles of Systematic Zoology. McGraw-Hill Book Company, New York.
Romanoff, A. L. and Romanoff, A. J., 1949, The Avian Egg. John Wiley & Sons, Inc., New York.
Romer, A. S. and Price, L. J., 1939, The oldest vertebrate egg, *Americ. Journ. Sci.*, **237**, 826—829.
Schwarz, L., Fehse, F., Müller, G., Andersson, F., und Sieck, F., 1961, Untersuchungen an Dinosaurier-Eischalen von Aix en Provence und der Mongolei (Shabarakh Usu), *Zt. wiss. Zool.* Abt. **165**(3-4), 344—379).
Straelen, van V., 1925, The microstructure of the dinosaurian egg-shells from the Cretaceous beds of Mongolia. *Am. Mus. Nov.*, no. 173, 1—4.
————, 1928, Les oeufs de reptiles fossils. *Palaeobiologica*, Bd. **1**, 295—312.
Tyler, C. and Simkiss, K., 1959, A study of the egg shells of ratite birds. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, **133**, 201—243.
Tyler, C., 1964, A study of the egg shells of the Anatidae. *Ibid*, **142**, 547—583.
————, 1965, A study of the egg shells of the Sphenisciformes. *J. Zool.*, **147**, 1—19.
————, 1966, A study of the egg shells of the Falconiformes. *Ibid*, **150**, 413—425.
————, 1969, A study of the egg shells of the Gaviiformes, Procellariiformes, Podicipitiformes and Pelecaniformes. *Ibid*, **158**, 395—412.
Voss-Foucart, M. F., 1968, Paleoproteins des coquilles fossiles d'oeufs de dinosauriens du Cretace superiens de Provence. *Compt. Biochem. et Physiol.*, **24**(1), 31—36.
Садов, И. А., 1970, О строении скорлупы яиц ископаемых рептилий и птиц. *Палеонтол. Ж.*, **4**, 88—91.
Сочава, А. В., 1969, Яйца динозавров из верхнего мела Гоби. *Палеонтол. Ж.*, **4**, 76—88.
————, 1971, Два типа скорлупы яиц сенонских динозавров. *Палеонтол. Ж.*, **3**, 80—88.
————, 1972. Скелет эмбриона в яйце динозавра. *Палеонтол. Ж.*, **4**, 88—92.

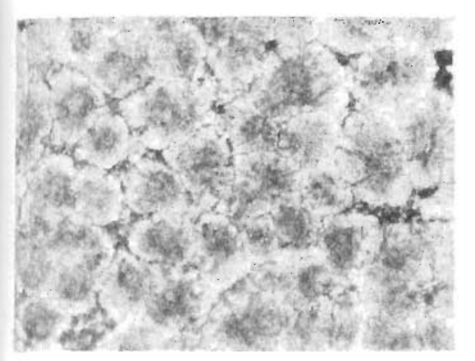
(1973 年 12 月 10 日收到)



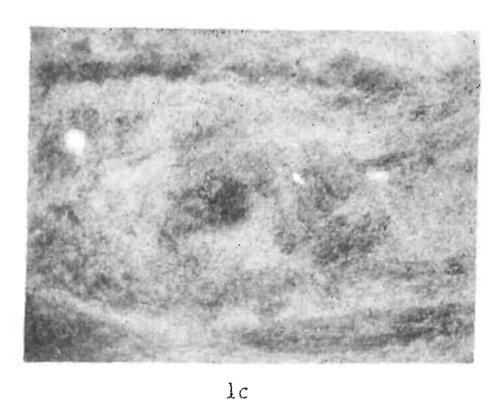
粗皮巨形蛋 (*Macroolithus rugustus*) 蛋化石一窝，1/3 原大（采自杨钟健，1965，图版 V）



1a



1b



1c

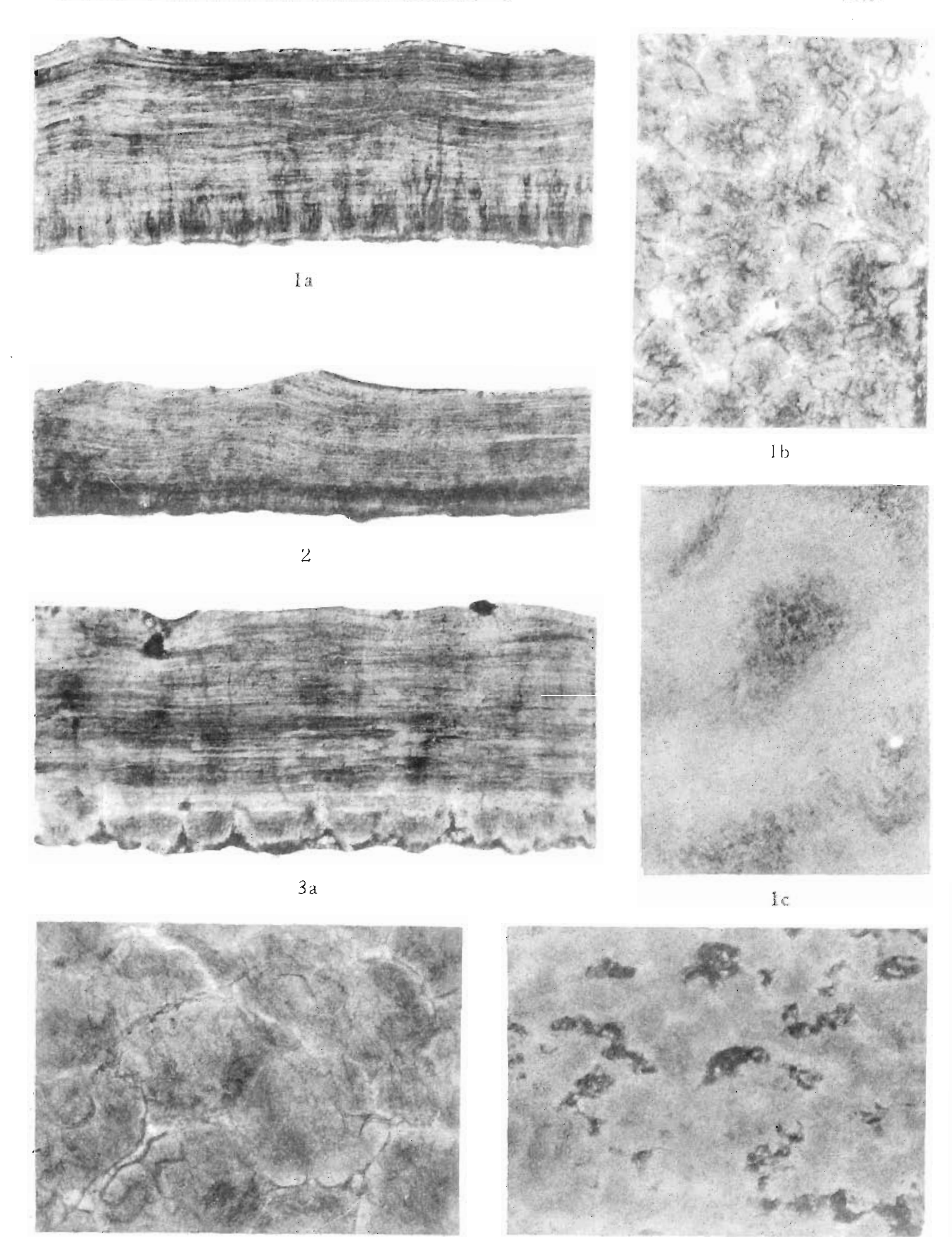


2a



2b

1. 粗皮巨形蛋 (*Macroolishus rugastus*) 1a. 通过垂直于蛋壳表面棱纹方向的径切面 单偏光 ×25
   1b. 近乳突层中部的弦切面 单偏光 ×60 1c. 层状棱柱层的弦切面(近表面处) 单偏光 ×20
2. 瑶屯巨形蛋 (*Macroolithus yaotunensis*) 2a. 通过垂直于蛋壳表面棱纹方向的径切面 单偏光 ×25
   2b. 通过垂直于蛋壳表面棱纹方向的径切面 单偏光 ×25



3b　　3c

1. 安氏长形蛋（*Elongatoolithus andrewsi*）　1a. 通过与蛋壳表面棱纹方向成锐角的径切面　单偏光 ×25　1b. 近乳突层中部的弦切面　单偏光 ×60　1c. 层状棱柱层的弦切面(近表面处)　单偏光 ×20
2. 长形长形蛋（*Elongatoolithus elongatus*）　通过与蛋壳表面棱纹方向成锐角的径切面　单偏光 ×25
3. 主田南雄蛋（*Nanhsiungoolithus chuetienensis*）　3a. 径切面　单偏光 ×40　3b. 近乳突层中部的弦切面　单偏光 ×60　3c. 层状棱柱层的弦切面　单偏光 ×20